

أساسيات علم الفلك

ASTRONOMY: BASICS

من إعداد: د. أحمد أبوخطوة و د. طارق فدعا (2012)

- علم الكون (Cosmology) هو العلم الذي يعني بدراسة المادة (Matter) والطاقة (Energy) والفضاء (Space).
- يقصد بالكون (Universe) الأرض وما فوقها من أجرام سماوية.
- علم الفلك (Astrology) هو العلم الذي يبحث في كل ما له علاقة بالأجرام السماوية مثل المجرات (Galaxies) والكواكب (Planets) والنجوم (Stars) والكويكبات (Comets) والمذنبات (Asteroids) وغيرها.
- من أهم الأسئلة التي تواجه الفلكيون (Astronomers) كيف نشأ هذا الكون، وما هو تركيبه، والقوى التي تجعله نظاماً لا يضاهيه أي نظام آخر.
- علم الأبراج (Astrology) هو من أشباه العلوم (Pseudoscience) ويعني بالعلاقة بين موقع الكواكب والنجوم ساعة ولادة الإنسان، وعلاقة هذا الوقت بشخصيته وبمستقبله.
- يبلغ عمر الكون منذ بداية "الضربة الداوية" (The Big Bang) بنحو 12 بليون سنة (عمر الأرض نحو 4.5 بليون سنة).

عمر الكون والأرض والحياة

العمر (سنة)	النشأة	م
12.0 بليون	عمر الكون (Universe)	1
4.5 بليون	الأرض (Earth)	2
3.8 بليون	أول خلية حية (First living cell)	3
2.0 بليون	أول خلية معقدة التركيب (حقيقية النواة) (First complex cell)	4
1.0 بليون	أول كائن متعدد الخلايا (First multi-cellular organism)	5
600 مليون	ظهور النباتات (First plants)	6
2.5 مليون	ظهور الجنس "هومو" (Homo genus)	7
200,000 سنة	ظهور الإنسان (Homo sapiens)	8

المجرات (Galaxies)

- هى تشكيلات ضخمة من النجوم قد يصل عددها إلى ملايين النجوم.
- تتكون كل مجرة من النجوم (Stars) والغبار والغازات المتأينة (البلازمما) الممسكة ببعضها بواسطة قوى الجذب التي بينها.
- يقدر علماء الفلك (Astronomers) أن عدد المجرات يبلغ نحو 100 بليون مجرة. لذلك تعد المجرات من أهم مكونات الكون. هذا علماً بأن ما أكتشف منها حتى الآن يقدر بعدهة مئات الآلاف فقط.
- أشهر المجرات المعروفة: مجرة "درب التبانة" (Milky Way Galaxy) والمجرة الأقرب منها "ساجي تريوس القزم" (Dwarf Sagittarius) التي تبعد عن الأرض بنحو 50,000 سنة ضوئية (LY) (أي إنك إذا سلطت ضوئاً من الأرض إلى الكون فإنه سيصل إلى هذه المجرة بعد 50 ألف سنة). وتعرف السنة الضوئية بأنها المسافة التي يقطعها الضوء (in vacuum).

- خلال سنة واحدة وتساوي $9,500 \times 10^{12}$ km أي 9,500 بليون كيلومتر – أي أن سرعة الضوء في الفراغ = 300,000 كم/ث.
- من المجرات الأخرى القريبة من درب التبانة مجرة LMC (160,000 LY) ومجرة SMC (200,000 LY).
- ثمة براهين تؤكد أن المجرات يتوسطها ثقباً سوداء" (نجوم ميتة شديدة الكتلة وقوة الجذب).
- تصدر المجرات مثل النجوم إشعاعات كهرومغناطيسية تشبه الأشعة الضوئية تسمى الأشعة الكونية (Cosmic Rays) ولكنها بمواضيع ضوئية قصيرة جداً لا ترى بالعين المجردة.
- وفقاً لعالم الرياضيات والفلكي الألماني إدوارن هبل (Edwin Hubble) (1889-1953) يوجد (3) أنواع أساسية من المجرات حسب أشكالها:
 - 1 المجرات البيضاوية (Elliptical Galaxies) وتأخذ شكلاً بيضاوياً أو مستديراً عند رؤية القريب منها بالعين المجردة او بالتلسكوبات للبعيدة عنا. ومعظم المجرات المعروفة هي من هذا النوع.
 - 2 المجرات الحلزونية (Spiral Galaxies) وهي لولبية الشكل مثل مجرة درب التبانة (Milky Way Galaxy) التي بها المجموعة الشمسية والتي تضم (9) كواكب (منها الأرض) وأكثر من 70 قمر ونحو 200-100 مليون نجم.
 - 3 المجرات غير المنتظمة (Irregular Galaxies) وهي ليس لها شكل هندسي معين.

مجرة درب التبانة The Milky Way

- هي من نوع المجرات الحلزونية أو اللولبية، وقد سميت بهذا الإسم لشكلها الذي يشبه "الحليب المسكوب" مع عتمة الكون.
- هي واحدة من نحو 500 بليون مجرة في الكون يعتقد بوجودها ولو أن ما أكتشف منها عدة مئات الآلاف فقط.
- تتكون المجرة درب التبانة من:

1 لمجموعة الشمسية (Solar System) (الكواكب التسعة والشمس وأكثر من 70 قمر).

2 - نحو 60,000 نجم تم رصدها مع احتمال وجود 200-100 مليون غير تلك التي تم رصدها.

3 ملايين الأجسام الكونية الأخرى مثل الكويكبات (Asteroids) الصغيرة الواقعة بين كوكب المريخ (Mars) والمشتري (Jupiter) والنيازك والمذنبات (Comets) وeteorites) وغيرها.

- يبلغ نصف قطر (Diameter) مجرة درب التبانة بنحو 100,000 سنة ضوئية (LY) والسنة الضوئية = 9500 بليون كم.

- الصور التي نراها لمجرة درب التبانة – كالصورة التالية- لا تمثل الواقع نظراً لضخامة المجرة التي لا يمكن لمرصد أن يرصدها بكلها.



يبلغ قطر القرص داخل مجرة درب التبانة بنحو 1,000 سنة ضوئية (المصدر:
<http://www.stadturm.at/mediaCache/13568/278301.jpg>

المجموعة الشمسية The Solar System

- هي جزء من مجرة درب التبانة التي بها النظام الشمسي، وتتكون من:
 - الشمس (Sun) وهي النجم المضيء الذي يصدر منه الأشعة الكهرومغناطيسية من ضوء وحرارة ضرورية لكافحة أشكال الحياة على كوكب الأرض. وتمثل الشمس أكبر كتلة في المجموعة الشمسية حيث تصل كتلتها إلى نحو 99.87% من كتلة النظام.
 - (9) كواكب تدور حول الشمس في مسارات أو مدارات (Orbits) إهليلجية أي بيضاوية (Elliptical) بسرعات متقاربة حسب قربها أو بعدها من الشمس. فالكواكب القريبة من الشمس تصبح أكثر إنجذاباً لها ومن ثم تدور أسرع وفي مدارات أقصر من البعيدة. كما أن كل كوكب يدور حول نفسه من خلال محوره الطولي (Rotates on its Axis) فيما عدا الكوكبين الزهرة (Venus) و أورانوس (Uranus). إما اتجاه الدوران سواء الدوران حول الشمس أو الدوران الذاتي حول نفسه فهو في عكس اتجاه عقارب الساعة (Anticlockwise) تماماً مثل الطواف حول الكعبة المشرفة.
 - أكثر من 70 قمر (Moon) منها قمر واحد خاص بكوكب الأرض.
 - نحو 100-200 مليون نجم معظمها مجهول حتى الآن (المعروف منها نحو 60,000 نجم فقط).
- تبلغ سرعة دوران المجموعة الشمسية في هذه المجرة بنحو 250 كم/ث.
- أما الكواكب التسعة التي تدور حول الشمس فهي بالترتيب من حيث الأقرب للشمس (طارد) فالبعد (بلوتو):
 - Mercury (طارد) الأقرب للشمس
 - Venus (الزهرة)
 - Earth (الأرض)

- Mars (المريخ)
- Jupiter (المشتري)
- Saturn (زحل)
- Uranus (أورانوس)
- Neptune (نبتون)
- Pluto (بلوتو) الأبعد من الشمس

* لاحظ أن جميع هذه الكواكب تدور حول نفسها فيما عدا كوكب المريخ وأورانوس، وأكثر الكواكب إضاءة هو الزهرة.

مساحات بعض الكواكب Surface Areas of Some Planets

(مساحة الدائرة = πr^2 حيث $r =$ نصف القطر Radius)

الأرض Earth - 510 million square kilometers ($5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$)
 1- Land- 149 million km^2 (70%)
 2- Water- 361 million km^2 (30%)

Mercury عطارد 75 million km^2 (or 10% of Earth's)

Venus الزهرة 460,000,000 km (or 90% of Earth's)

Mars المريخ 145 million km^2 (or 28% of Earth's)

Jupiter المشتري $6.2 \times 10^{10} \text{ km}^2$ (or 122 times larger than Earth)

Saturn زحل $4.27 \times 10^{10} \text{ km}^2$ (or 84 times larger)

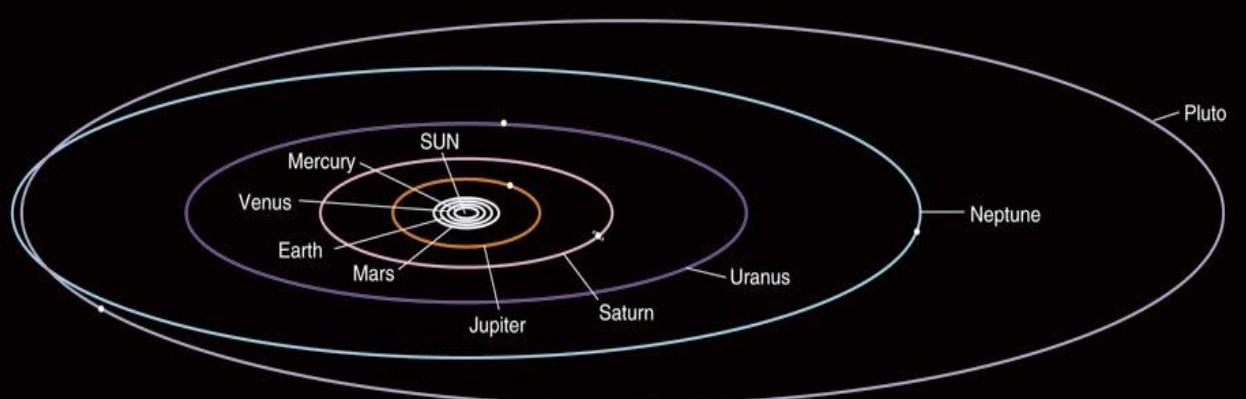
than Earth)

Uranus أورانوس $8.1 \times 10^9 \text{ km}^2$ (or 16 times larger than Earth)

Neptune نبتون $7.64 \times 10^9 \text{ km}^2$ (or 15 times larger than Earth)

The Moon القمر $37.9 \text{ million km}^2$ (or 7% of the Earth)

المجموعة الشمسية (The Solar System)



المجموعة الشمسية في مداراتها حول الشمس التي تتوسط المجموعة الشمسية وتمثل مركز المجموعة الجاذبة لها. كوكب عطارد هو الأقرب للشمس (مدار دوران صغير القطر وسرعة دوران عالية) يليه الزهرة ثم الأرض والمريخ وهكذا. (المصدر:
http://www.solcomhouse.com/images/solar_system.jpg)

- تقسم كواكب (Planets) المجموعة الشمسية حسب طبيعة المادة المكونة لها إلى قسمين رئيسيين:

1- الكواكب الأرضية (Terrestrial Planets)

وهي ذات طبيعة مشابهة لكوكب الأرض من حيث خصائصها الفيزيائية والكيميائية حيث تتكون من صخور ومعادن مشابهة وتقع قريبة من بعضها و من الشمس وهي: عطارد (Mercury) والزهرة (Mars) والأرض (Venus) والمريخ (Earthly).

2- الكواكب الغازية (Jovian Planets)

ويغلب عليها الطبيعة الغازية مثل المشتري (Jupiter) وزحل (Saturn) المميز بحلقاته الملونة (ت تكون هذه الحلقات التي يبلغ نصف قطرها 9 أضعاف الأرض من غازات و ثلوج وصخور متجمدة بعيدة جداً عن الكوكب نفسه).

- يكون مقدار الجاذبية في الكواكب الغازية أكبر من الكواكب الأرضية.
- كوكب زحل الغازي هو أكثر الكواكب من حيث عدد الأقمار التابعة له (60 قمر) بينما كوكب الأرض له قمر واحد.
- لاحظ أن كوكب بلوتو (Pluto) الذي كان آخر كوكب في النظام الشمسي يكتشف عام 1930 لا يقع ضمن النوعين السابقين من الكواكب، و لا يعرف عنه الكثير لأنه الكوكب الوحيد الذي لم تصل إليه أي مرصد لرصده و دراسته حتى الآن.

كوكب الأرض (Planet Earth)

• هو ثالث كوكب يبعد عن الشمس حيث يكمل دورة واحدة حول الشمس في سنة واحدة مقدارها 365.26 يوم. وتسمى هذه المدة بالسنة الشمسية Solar Year بينما اليوم الأرضي (Earth day) أو باليوم الشمسي (24 ساعة) هو الزمن تدور فيه الأرض حول نفسها (في إتجاه عقارب الساعة) وطوله (24 ساعة).

• يتماثل طول اليوم الأرضي لكوكب الأرض (1.0 يوم أرضي) مع كوكب المريخ تقريباً (1.03) بينما يبلغ طوله في القمر 27.3 يوم أرضي وفي عطارد 176 يوم أرضي.

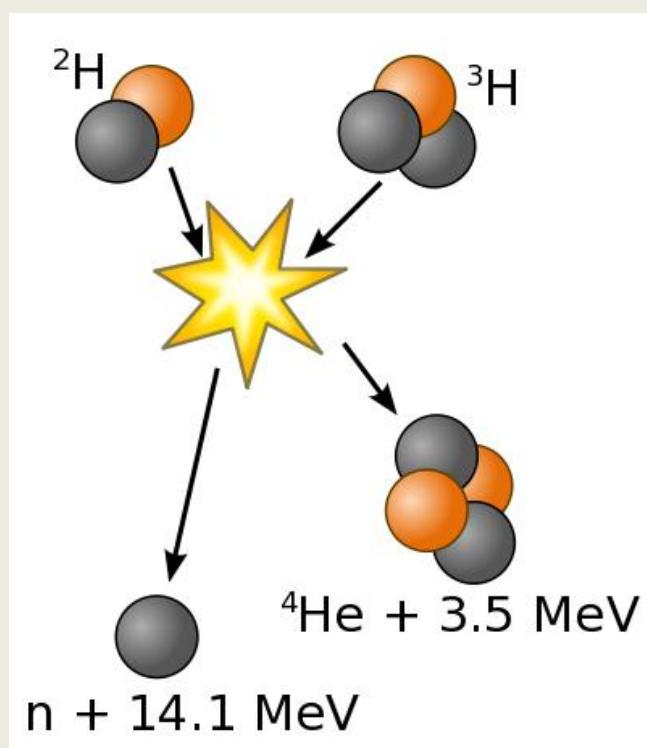
- تدور الأرض حول الشمس بسرعة نحو 1,760 كم في الساعة لإكمال دورة واحدة من الدوران في سنة كاملة (اتجاه الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة).
- تعد الأرض من الكواكب الأرضية (Terrestrial) التي يتميز بتربة صلبة صخرية (Rocky).
- الأرض كروية (Spherical) تقربياً، ولكنها في الواقع غير كاملة الاستدارة حيث تتميز بسطحها عند القطبين (Oblate Spheroid).
- متوسط قطر الأرض (Diameter) 12,900 كيلومتر أي أن نصف القطر (Radius) هو نحو 6.45×10^6 m.
- كثافة (Density) الأرض 5.5 جرام/سم³ (بينما كثافة القمر 3.3).
- كتلة الأرض (Earth Mass) 5.89×10^{24} kg (بينما كتلة الشمس 1.99 $\times 10^{30}$ kg أي نحو 330,000 مرة ضعف كتلة الأرض) بينما كتلة القمر 7.36×10^{22} kg.
- مقدار الجاذبية في الأرض 9.8 متر/سم² بينما الجاذبية على سطح القمر تعادل السدس تقربياً. فإذا كان وزنك على سطح الأرض 60 كيلوجرام سيصبح على سطح القمر 10 فقط (لاحظ كتلة الجسم mass لن يتغير ولكن يتغير الوزن weight).
- يتميز بوجود الماء في البحار والمحيطات حيث نحو 70% من مساحة الأرض مغطاة بالماء الذي يوجد في حالاته الثلاثة (السائلة والغازية والصلبة) علاوة على اعتدال مناخه (Temperate) حيث درجة حرارته في العشرينيات درجة مؤية في المتوسط.
- يوجد في جو الأرض الأكسجين (O_2) بنسبة 21% بينما البقية لغاز نيتروجين (N_2) بنسبة 78% وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) و بخار الماء (H_2O) والميثان (CH_4) وغازات أخرى بنسبة 1%.
- نحو 90% من اليابسة عبارة عن صخور مكونة من عدة عناصر معدنية مثل السليكون (Si) والألمونيوم (Al) والكالسيوم (Ca) وهي عادة متحدة مع

الأكسجين في صورة أكاسيد وأملاح حيث أن نظام الأرض من النوع التأكسدي (Oxidized Environment).

- يوجد في هذا الكوكب مخلوقات حية (Living things) مختلفة الأشكال والتي يبلغ عدد أنواعها المعروفة حتى الآن بنحو 5 مليون نوع (Species) حيث يقع على قمة الهرم الإنسان وعدد أنواعه نوع واحد فقط (*Homo sapiens*) بينما تقع الحشرات عند قاعدة الهرم حيث يبلغ عدد أنواعها نحو مليون نوع.
- معدل دوران الأرض حول الشمس- وتسمى الدورة الشمسية (Solar Cycle) أو الدورة السنوية (Annual Cycle) هي 365 يوم بينما الدورة القمرية (Lunar Cycle) وهي معدل دوران القمر حول الأرض كل شهر هي 29.5 يوم.
- أما الدورة اليومية للأرض (Daily Cycle) أي الليل والنهار فتمثل دوران الأرض حول محورها دورة واحدة,
- يوجد لكوكب الأرض قمر (Moon) واحد على بعد نحو 385,000 كم منها.
- المسافة بين الأرض والشمس تسمى الوحدة الفلكية (Astronomical Unit) ومقدارها 150 مليون كم (150×10^6 km). وتستخدم الوحدة الفلكية (AU) عادة في قياس المسافات بين الأجرام السماوية وبعضها.
- تصبح الأرض أكثر قرباً من الشمس في 4 يناير من كل عام بينما تكون الأرض أكثر بعضاً عن الشمس في 5 يوليو من كل عام. لكن لاحظ إن دوران الأرض حول الشمس سيصبح سريعاً كلما اقتربت الأرض منها بسبب قوة الجاذبية وقصر طول المدار (تسمى هذه الظاهرة Perihelion) بينما عندما تبتعد الأرض عن الشمس تنخفض سرعة دورانها لبعد الجاذبية وزيادة طول المدار (تسمى هذه الظاهرة Aphelion).
- مقدار الجاذبية الأرضية عند سطح البحر 9.8 متر/ ث^2
- التواريخ المعمول بها هي التواريخ الدينية والزراعية.

الشمس (The Sun)

- نجم المجموعة الشمسية المضيء الذي ينتج ضوئه ذاتياً (وليس كمراة عاكسة مثل القمر) من خلال تفاعلات الالتحام النووي (Nuclear Fusion) شديدة الحرارة لأنوية ذرات الهيدروجين (H) لتكوين غاز الهيليوم (He) في خطوات معقدة من نوع التفاعلات المتسلسلة (Chain Reactions) تشمل تفاعلات الهيدروجين الثقيل مثل نظائر الهيدروجين "ديوتيريوم" (D ; 2H) و "تريتيوم" (T ; 3H) مع انبعاث طاقة هائلة (تقاس بالميجا فولت MeV) وفقاً لمعادلة أينشتاين الشهيرة للطاقة ($E = mc^2$).



(المصدر: ويكيبيديا 2012)

- المعادلة العامة لتحويل الهيدروجين (H) إلى هيليوم (He) (الغاز الشمسي):



$$\text{Energy (E)} = mc^2$$

حيث E = كمية الطاقة و m = الكتلة و c = سرعة الضوء (معادلة اينشتاين الشهيرة)

- تقدر كمية الهيدروجين في الشمس بنحو 1×10^{30} كجم أي 1×10^{27} طن وهي تكفي لإنتاج الضوء لمدة 5 بلايين سنة.
- الشمس أقرب نجم للأرض، وهي ثابتة في مكانها ولا تدور كبقية الكواكب، وتمثل المركز الذي تدور حوله كواكب المجموعة الشمسية التسعة.
- قطر الشمس (Diameter) 1.39 مليون كم (نصف القطر Radius يساوي 6.96×10^8 m) وهو يمثل أربعة أضعاف المسافة بين الأرض والقمر.
- مساحة الشمس نحو 12,000 مرة ضعف مساحة الأرض.
- متوسط المسافة بين الأرض والشمس 1.50×10^{11} m أي 150 مليون كم أي ما يعادل 8.137 دقيقة ضوئية.

$$\text{السنة الضوئية} = 9,461 \text{ بلايون كم}$$

- $18 = 60 \times 24 \times 365$ = السنة الضوئية مقسومة على 18 مليون كم (باعتبار أن سرعة الضوء = 300,000 كم/ث)
- كتلة الشمس هي الأكبر على الإطلاق ضمن المجموعة الشمسية وتصل إلى 1.99×10^{30} كيلوجرام.
 - معظم مادة الشمس عبارة عن بلازما أو غاز متain (أيونات).
 - متوسط الكثافة 1.4 جم/سم^3 وتحصل أعلىاتها (150 g/cm^3) في لب النجم.
 - تقدر شدة إضاءة الشمس (Luminosity) بنحو 3.8×10^{26} وات.
 - يلي الشمس في شدة الإضاءة القمر خصوصاً عندما يكون بدرأً أو مكتملأً (Full Moon). لاحظ أن شدة إضاءة النجوم والكواكب مرتبطة بدرجة حرارتها حيث تزداد بزيادة درجة الحرارة.
 - أكثر كواكب المجموعة الشمسية إضاءة هو الزهرة (Venus).
 - السنة الشمسية (Solar Year; Astronomical Year; Earth Year) هي المدة الزمنية التي يدور فيها الكوكب حول الشمس دورة واحدة كاملة. فالسنة الشمسية للأرض = 365 يوم و 5 ساعة و 48 دقيقة و 45

ثانية. ووتتساوى السنة الشمسية للأرض مع القمر (تسمى السنة القمرية في الزمن لأن القمر يدور حول نفيه وحول الأرض بنفس سرعة دوران الأرض حول الشمس تقريباً. أما "السنة الماريخية" (Maritian Year) فتساوي 687 يوم أرضي أرضي (يدور المريخ حول الشمس بسرعة أبطأ من الأرض وأسرع من الزهرة) بينما "السنة الزهرية" (Venetian Year) تتساوى 224.7 يوم.

- لو حدث فرضاً أن الشمس اختفت من الكون، فإن الأرض و ما عليها سوف تفقد دورانها و تضيع إلى عام مجهول.

- تتركب الشمس من 4 طبقات هي من الخارج إلى الداخل:
 - طبقة الكورونا (Corona) وهي طبقة الغلاف الخارجي الساطع (outer Surface Atmosphere) غير محدد الشكل حيث تصل درجة حرارتها إلى 5 مليون كلفن ($1 \times 10^6 K$) وتمتد في الفضاء ملايين الكيلومترات كما تمتاز بقلة كثافتها.

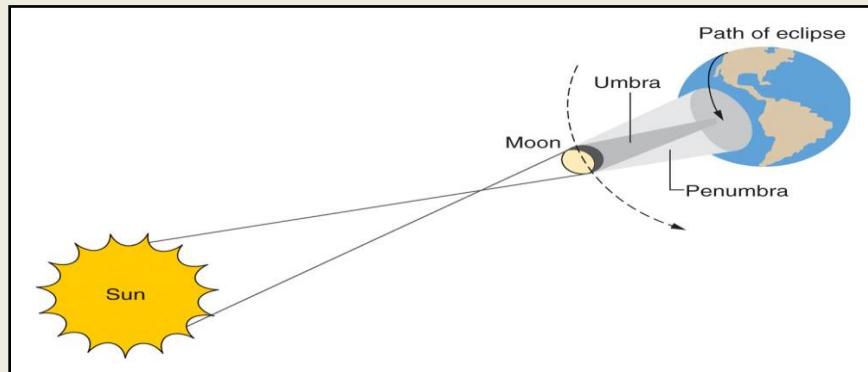
- الクロموسفير (Chromosphere) أو الغلاف الملون وهي طبقة من الغازات الملتهبة ومنها تشع كل طاقة الشمس إلى الفضاء. وهي أدنى درجات الحرارة بين طبقات الشمس. وهذه الطبقة سمكها نحو 2000 كم ولا يمكن رؤيتها أحياناً لعدة دقائق عند حدوث الكسوف الكلي للشمس (Total Solar Eclipse).

- الفوتوفسfir (Photosphere) أو الغلاف المرئي الذي نراه من الشمس كقرص لامع حيث تصل درجة حرارته إلى 6,000 كلفن (K) ويبلغ سمكها 400-330 كم.

- اللب أو القاع أو "الكور" (Core) حيث يمتد من مركز الشمس ويمثل نحو ربع حجم الشمس حيث تصل كثافته إلى أعلى قدر ممكن ($150 g/cm^3$). وفي اللب توجد غازات الهيدروجين (73%) والهيليوم (24%) مع نسب قليلة جداً من الأكسجين والكربون والنيتروجينو النيون والكبريت و الحديد. تصل درجة حرارة اللب إلى نحو 15 مليون كلفن.

بعض الظواهر الشمسية

- البقع الشمسية (Sun Spots) - هي بقع داكنة اللون غير منتظمة الشكل تبدو على سطح الشمس ويمكن رؤيتها أحياناً بالعين المجردة وهي مكونة من مادة باردة نسبياً حيث تبدو في طبقة الفتوسفير (Photosphere) أو الغلاف المرئي من الشمس.. وقد يبلغ قطر البقعة أكثر من 50,000 كم. وهناك علاقة بين هذه البقع الشمسية وبين درجة حرارة الأرض والتغيرات العالمية المناخ. كما يبدو أن ظهور هذه البقع مرتب بدورات موسمية تحدث كل 11 سنة حيث يصبح عددها وشكلها ثابتين.
- كسوف الشمس (Solar Eclipse) الجزئي (Partial) أو الكلي (Total) هي ظاهر دورية طبيعية تحدث عندما يتواكب القمر بين الشمس والأرض وبذا يحجب وصول أشعة الشمس إلى الأرض. ويحدث الكسوف الكلي للشمس عندما يصبح القمر بين الشمس والأرض في مستوى الخط المستقيم عند 180 درجة.



الكسوف الكلي للشمس حيث يتواكب القمر ما بين الشمس والأرض في خط مستقيم بزاوية 180 درجة
(المصدر: ويكيبيديا 2012)

القمر (The Moon)

- القمر هو الجرم الكوني الثاني- بعد نجم الشمس- المضيء للأرض.

- القمر يعد تابعاً للأرض مثل التوابع أو الأقمار الأخرى الخاصة بكواكب المجموعة الشمسية. فكوكب المشتري له 5 أقمار و كوكب زحل 35 قمر معروف له حتى الآن، وهكذا.
- متوسط المسافة بين القمر والأرض 384,000 كم.
- يوجد مرتفعات جبلية على سطح القمر يصل بعضها إلى ارتفاع أكثر من 6 كيلومتر (نحو 20 ألف قدم).
- الكثافة 3.3 جم/سم^3 بينما كثافة الأرض أكبر (5.5 جم/سم^3) وذلك لقص نسبة الحديد في تربة القمر.
- تبلغ الجاذبية على سطح القمر 1.6 متر/ث^2 أي نحو سدس ($1/6$) الجاذبية على سطح الأرض (9.8 متر/ث^2) و نحو نصف الجاذبية على سطح المريخ 3.61 متر/ث^2 .
- إن لم يوجد قمر لكوكب الأرض فإن الليل يصبح دامساً (حالك السواد) في كل ليلة كما قد تختفي ظاهرة المد والجزر (Tide) في البحار والمحيطات.
- ها هي ثوابت أخرى للقمر مقارنة بالأرض والمشتري (Jupiter) كأكبر كواكب المجموعة الشمسية، والتلمس:

الشمس Sun	المشتري Jupiter	الأرض Earth	القمر Moon	الخاصة
700 مليون متر (مساحة نحو 12,000 مرة مساحة الأرض)	70 مليون متر (مساحته نحو 122 ضعف مساحة الأرض)	7 مليون متر	2 مليون متر (نحو ربع قطر الأرض بمساحة نحو 7% من مساحة الأرض)	نصف القطر (Radius) بالتقريب
$2 \times 10^{30} \text{ kg}$ أي نحو 330,000 مرة كتلة الأرض	$2 \times 10^{27} \text{ kg}$ (نحو 500 مرة ضعف كتلة الأرض)	$5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$	$7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$ (نحو ثمن كتلة الأرض)	الكتلة (Mass)

- في يوم الأحد 20 يوليو 1969 هبط أول إنسان على سطح القمر (نيل أرمسترونج Neil Armstrong) رائد الفضاء الأمريكي في رحلة أبوللو 11 حيث قال عند الهبوط من القمرة الفضائية التي رست بأرجلها الطويلة وبعد السير على سطح القمر:

“One small step for man one giant step for humankind”

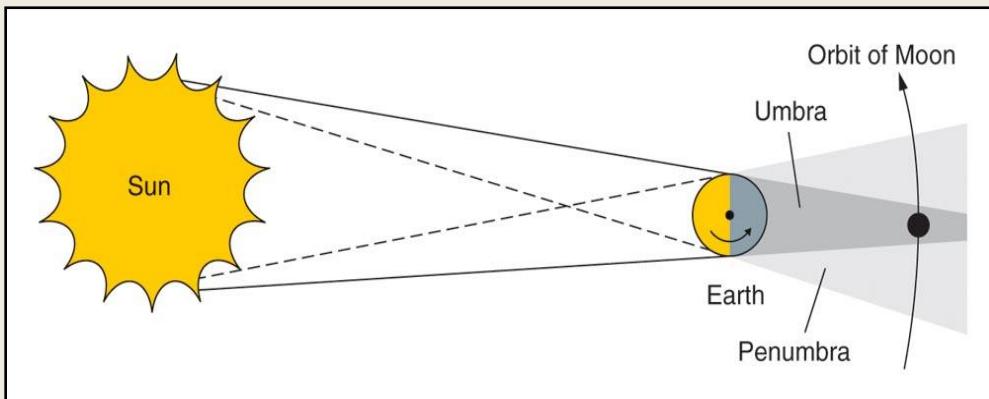


أول خطوة على سطح القمر تحققت عام 1969 (المصدر:
<http://www.mir.com.my/rb/photography/hardwares/moon/footprint.jpg>)

- ثم تبع هذه الرحلة التاريخية (5) رحلات مأهولة أخرى (أبوللو 12 و 14 و 15 و 16 و 17) (فشل رحلة أبوللو 13) والحصول على نحو 380 جرام من تربة القمر وإحضارها للأرض.
- تم تقدير عمر القمر بنحو 4.5 بليون سنة (مثل عمر كوكب الأرض) بعدها تراوح أعمار التربة والصخور ما بين بليون سنة إلى 4.4 بليون سنة حسب المكان التي أخذت منه العينة.
- دورة القمر (Lunar Cycle) هي المدة التي يستغرقها القمر لإكمال دورة واحدة حول الأرض وتساوي 29.5 يوم يمر فيها القمر بأطوار

متقاوطة في شدة الإضاءة. تسمى دورة القمر أيضاً بالشهر القمري .(Lunar Month)

- خسوف القمر (Partial Lunar Eclipse) أو الكلي (Total) هي ظاهر دوري طبيعية تحدث عندما تتوسط الأرض بين الشمس والقمر وبذا يحجب وصول أشعة الشمس إلى سطح القمر العاكس. ويحدث الخسوف الكلي للقمر عندما تصبح الأرض بين الشمس والقمر في مستوى الخط المستقيم عند 180 درجة.



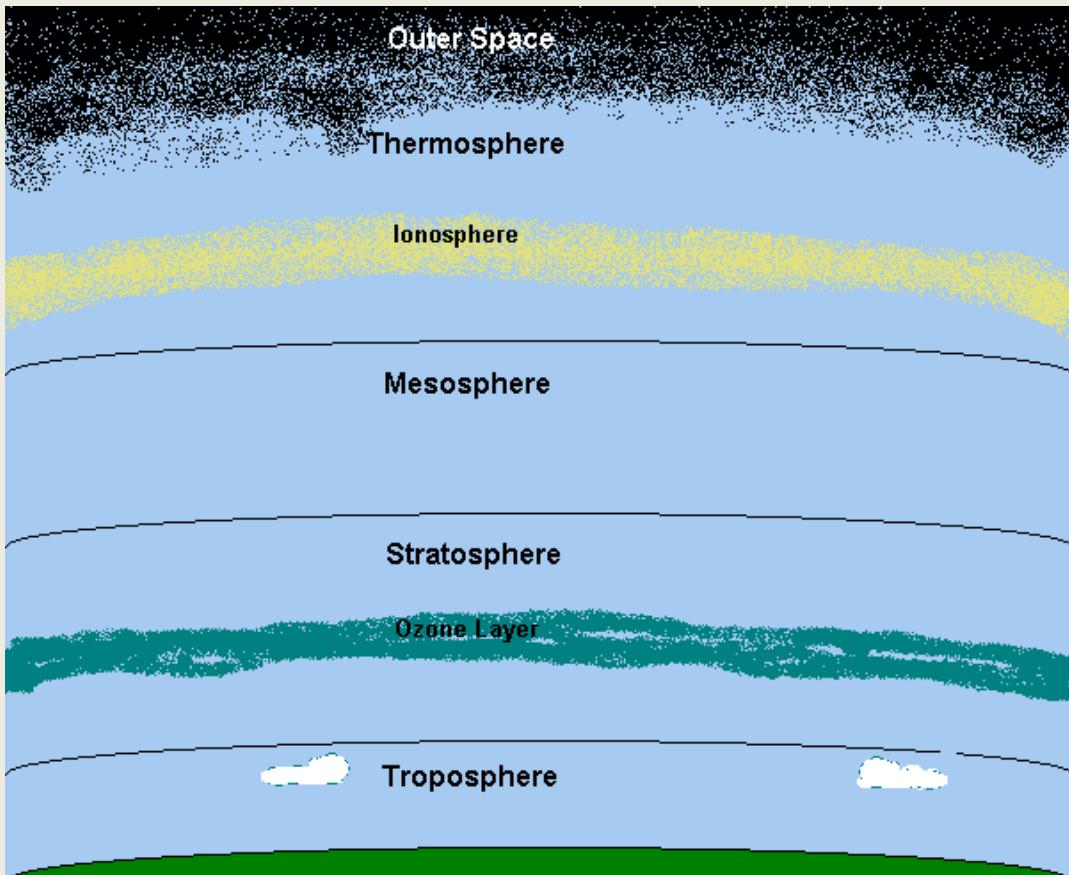
الخسوف الكلي للقمر حيث للوسط الأرض ما بين الشمس والقمر في خط مستقيم بزاوية 180 درجة (المصدر: ويكيبيديا 2012)

- يدور القمر حول محوره الطولي (at its own axis) بنفس سرعة دورانه حول الأرض لذلك لا نرى من القمر إلا وجه واحد فقط (المضيء) بينما الوجه الآخر المعتم لا نراه.

طبقات الغلاف الجوي Layers of the Atmosphere

- يتكون الغلاف الجوي لكوكب الأرض من عدة طبقات مميزة بخصائص فيزيائية وكيميائية من أهمها المكونات الغازية، السماكة، الجاذبية وطبيعة الإشعاعات وغيرها.

- يمكن تمييز (5) طبقات رئيسية للغلاف الجوي الأرضي، وهي بدءاً بالأقرب من سطح الأرض:



طبقات الغلاف الجوي الخمسة الأساسية أو الستة لو أضيف إليها طبقة الغلاف الحراري (Thermosphere) (المصدر:

http://www.greenville.k12.ny.us/mschool/Kelly_P/science8/notes/atmosphere1.gif

- 1- طبقة التروبوسفير **Troposphere** أو الغلاف الجوي الأرضي ("تروبو" معناها أرضي أو وضعي و "سفير" غلاف)
 - وهي تمتد من سطح الأرض حتى ارتفاع 18كم حيث هي الطبقة الهوائية اللازمة لحياتنا وتحتوي على غازات الأكسجين والنيتروجين وبخار الماء، وفيها تتكون السحب والغيوم. وهي تمثل نحو 80% من كتلة الغلاف الجوي الأرضي. كما أن مقدار الجاذبية على سطح الأرض (واحد جوي أو 760م/زئبق) تتناقص مع الارتفاع.

▪ تستخدم الطائرات التجارية طبقة التروبوسفير أثناء تحليقها في الجو على ارتفاع نحو 30,000 قدم أي 9.144 كم ولا يتعدى 10 كم.

▪ بينما مقدار الضغط الجوي عند سطح الأرض يساوي:
 $1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101.325 \text{ kPa} = 760 \text{ mmHg}$
فإنه يتناقص بشدة كلما ارتفعنا إلى أعلى (و يزداد الضغط الجوي كلما نزلنا تحت سطح البحر).

▪ لذلك، عند هذا الارتفاع التي تطير فيه الطائرات التجارية (من 9-11 كم فوق سطح الأرض) يكون الغلاف الجوي المحيط منخفض الضغط الجوي (نحو 180-220 مل م زئبق مقارنة بـ 760 مل م زئبق عند سطح البحر).

○ 2- طبقة الإستراتوسفير Stratosphere

("ستراتو" معناها طلقة و "سفير" غلاف)

▪ وتمتد من 18-50 كم فوق سطح الأرض حيث ينخفض تركيز الأكسجين (ولكنه لا ينعدم) وتختفي السحب والغيوم ويکاد ينعدم فيها بخار الماء. وفي هذه الطبقة- على إمتداد من 20-60 كم من سطح الأرض توجد طبقة الأوزون (Ozone Layer) التي تحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية (UV) الضارة لأوجه الحياة.

▪ والأوزون هو غاز الأكسجين الثقيل (O_3) الذي يمتلك هذه الأشعة الضارة الصادرة من الشمس مما يؤدي إلى ارتفاع كبير في درجة حرارة هذه الطبقة.

▪ الضغط الجوي هنا منخفض جداً ويقل عن 50 مل م زئبق حتى يکاد ينعدم.

○ 3- طبقة الميزوسفير Mesosphere أو الغلاف الأوسط

(تعني "ميزو" أو وسط)

▪ وهي تعلو طبقة الإستراتوسفير وتمتد بنحو 50-85 كم حيث يحدث انخفاض كبير في درجات الحرارة مع بداية تكوين

"البلازما" وهى الهيئة الرابعة للمادة حيث تصبح ذرات الغازات الميطة بالغلاف في حالة متأينة حاملة شحنات كهربية موجبة وسالبة.

○ طبقة الأيونوسفير Ionosphere ("أيونو" تعنى أيون") أو الغلاف المتأين

- يمتد هذا الغلاف من فوق طبقة الميزوسفير حتى إرتفاع 700 كم من سطح الأرض.
- يتميز بوجود الهيئة الرابعة للمادة (البلازما) وهى الحالة الغازية المتأينة المكونة أساساً من ذرات أكسجين ونيتروجين متأينة كالموجدة في النجوم والكواكب وال مجرات وغيرها من الأجرام السماوية.
- تعد هذه الطبقة عاكسة جيدة لإشارات الراديو.
- كما أن المركبات الفضائية مثل مكوك الفضاء (Space Shuttle) يحلق في هذه المنطقة على بعد نحو 340 كم من سطح الأرض.

○ 4- طبقة الإكسوسفير Exosphere أو الطبقة الخارجية ("إكسو" معناها خارجي)

- ويقع تحتها طبقة شديدة الحرارة تسمى "الترموسفير"
- وهي طبقة الغلاف الخارجي الذي يبعد عن سطح الأرض بنحو 700 كم وتمتد في الكون إلى ما شاء الله.
- لاحظ إن مقدار الجاذبية الأرضية يتناقص عند هذا الارتفاع (1000 كم) ليصل إلى $7.33 \text{ متر}/\text{ث}^2$ مقارنة بالجاذبية عند مستوى سطح الأرض ($9.8 \text{ متر}/\text{ث}^2$) التي تعنى أيضاً تسارع الجاذبية acceleration of gravity. لاحظ أن الجاذبية على إرتفاع 50,000 كم تظل موجودة بنسبة 1% من جاذبية الأرض.

- في هذه الطبقة تطلق الأقمار الصناعية للاتصالات على ارتفاع يصل إلى 36,500 كم عادة.

بعض الثوابت الهامة

Astronomers use "Astronomical Unit" (AU) to measure distances within the Solar System. There are 63239.8 astronomical units in a light year (LY).

Mercury = 0.387 AU (Astronomical Units)

Venus = 0.723 AU

Earth = 1.000 AU

Mars = 1.524 AU

Jupiter = 5.203 AU

Saturn = 9.529 AU

Uranus = 19.19 AU

Neptune = 30.06 AU

بعد كواكب المجموعة الشمسية عن الأرض بجزء صغير جداً من السنة الضوئية (LY)
وهي الوحدة الفلكية (AU) (تقدير بالدقيقة الضوئية LD):

Mercury = 0.387 AU / 63239.8 AU / LY = 6.11×10^{-6} LY

Venus = 0.723 AU / 63239.8 AU / LY = 1.14×10^{-5} LY

Earth = 1.000 AU / 63239.8 AU / LY = 1.581×10^{-5} LY

Mars = 1.524 AU / 63239.8 AU / LY = 2.410×10^{-5} LY

Jupiter = 5.203 AU / 63239.8 AU / LY = 8.227×10^{-5} LY

Saturn = 9.529 AU / 63239.8 AU / LY = 1.507×10^{-4} LY

Uranus = 19.19 AU / 63239.8 AU / LY = 3.034×10^{-4} LY

Neptune = 30.06 AU / 63239.8 AU / LY = 4.753×10^{-4}

جدول وصف الكواكب السيارة التسعة في النظام الشمسي نسبة للأرض (1.00)

الكوكب	الإسم بالإنجليزية	قطره	حجمه بالنسبة للأرض (الكثافة) جم/سم³	بعده عن الشمس	طول سنته	طول يومه	تركيب جوه
طارد	Mercury	0.382	0.06 (6%)	0.38	0.241	58.6	He, Na ⁺ , P
الزهرة	Venus	0.949	0.82 (82%)	0.72	0.615	-243	CO ₂ , N ₂
الأرض	Earth	12,756.1 (كم عند خط الاستواء)	1.00 (5.52) جم/سم³	1.00 (150) مليون كم	1.00 (365) يوم	1.00 (24) ساعة	O ₂ , N ₂
المريخ	Mars	0.53	0.11	1.52	1.88	1.03	CO ₂ , N ₂ , Ar
المشتري	Jupiter	11.2	319	5.20	11.86	0.414	H ₂ , He
زحل	Saturn	9.41	95	9.54	29.46	0.426	H ₂ , He
أورانس	Uranus	4.00	14.6	19.22	84.01	0.718	H ₂ , He, CH ₄
نبتون	Neptune	3.81	17.2	30.06	164.79	0.671	H ₂ , He, CH ₄
بلوتو	Pluto	0.19	0.0022	29.70	248.09	6.49	N ₂ (90%), CH ₄ , CO

كتلة الأرض = 5,973,700,000,000,000,000,000,000 كيلوجرام

كتلة بلوتو (على سبيل المثال) = 13,000,000,000,000,000,000,000 كيلوجرام - أي 0.0066

كتلة الأرض. (المصدر: "كوكب واحد" - 2011)